

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 113**

51 Int. Cl.:

D04H 1/4382 (2012.01)

F41H 1/02 (2006.01)

D03D 15/00 (2006.01)

D03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.04.2013 PCT/US2013/038137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13173035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2013 E 13790395 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2850236**

54 Título: **Cinta de fibra híbrida unidireccional y laminados compuestos**

30 Prioridad:

17.05.2012 US 201261648520 P
14.03.2013 US 201313830733

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2019

73 Titular/es:

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950, US

72 Inventor/es:

ARVIDSON, BRIAN D.;
BHATNAGAR, ASHOK;
HURST, DAVID A.;
RAMSDELL, ROBERT C. y
WAGNER, LORI L.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 709 113 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cinta de fibra híbrida unidireccional y laminados compuestos

Antecedentes

Campo técnico

- 5 La invención se refiere a materiales y artículos con resistencia balística formados a partir de capas de fibra que incorporan múltiples tipos de fibra diferentes formados a partir del mismo polímero en una única capa de fibra.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Se conocen artículos con resistencia balística que contienen fibras de alta resistencia. Típicamente, artículos tales como chalecos, cascos, paneles de vehículos y miembros estructurales de equipamiento militar con resistencia balística se fabrican a partir de tejidos que comprenden fibras de alta resistencia. Se conocen muchos tipos de fibra de alta resistencia, tales como fibras de polietileno de ultra alto peso molecular, fibras arámidas, fibras de polibenzoxazol, fibras de copoliéster de cristal líquido y fibras de cadena rígida M5®. Véanse, por ejemplo, las patentes estadounidenses nº. 4.403.012, 4.457.985, 4.613.535, 4.623.574, 4.650.710, 4.737.402, 4.748.064, 5.552.208, 5.587.230, 6.642.159, 6.841.492, 6.846.758, que describen materiales compuestos con resistencia
- 15 balística formados a partir de polietileno de ultra alto peso molecular.

- El documento US 2004/0092183 describe materiales compuestos antibalísticos que comprenden combinaciones de distintos tipos de fibras. El documento US 2011/0129657 describe un artículo con resistencia balística que comprende fibras Kevlar de alta resistencia y fibras de PTFE expandido. La publicación internacional WO 94/21450 describe un material con resistencia balística que comprende al menos dos tipos de materiales fibrosos que se mezclan y consolidan. El documento US 2008/0085645 describe unos guantes resistentes al corte y con enmascaramiento de manchas.
- 20

- Cada tipo de fibra tiene sus propias características y propiedades únicas y, como resultado, las propiedades de los materiales compuestos fabricados a partir de fibras de alta resistencia pueden variar dependiendo del tipo de fibra utilizado. Por ejemplo, las fibras arámidas que tienen una alta energía superficial porque sus superficies contienen grupos funcionales polares y, por lo tanto, resinas que muestran generalmente una fuerte afinidad por fibras arámidas. En comparación, las fibras de polietileno de ultra alto peso molecular son inertes de manera natural y, generalmente, muestran una afinidad más débil a los revestimientos de resina. Esta diferencia puede ser importante dependiendo del uso final deseado del material compuesto.
- 25

- Otro factor que afecta a la resistencia balística es el tipo de construcción del tejido. Por ejemplo, en aplicaciones tales como chalecos resistentes a las balas, puede ser deseable fabricar tejidos entretejidos o de punto sin recubrir las fibras con un ligante polimérico para formar materiales compuestos de tejido flexible. En otras aplicaciones, tales como cascos resistentes a las balas, puede ser deseable encapsular o integrar fibras en un material ligante polimérico para formar materiales compuestos de tejidos no entretejidos y rígidos.
- 30

- A este respecto, los materiales compuestos unidireccionales no entretejidos están entre los materiales con un rendimiento más alto en la industria de armaduras. En un método típico para fabricar materiales compuestos unidireccionales no entretejidos, múltiples capas de fibras dispuestas unidireccionalmente tienen una orientación apilada y se presionan juntas con calor y presión para producir un material compuesto. Para aprovechar las diferentes propiedades de diferentes tipos de fibra, se conoce que formar materiales compuestos híbridos no entretejidos donde las capas de fibra formadas a partir de diferentes tipos de fibra se combinan en una única estructura de armadura. Véanse, por ejemplo, las patentes estadounidenses nº. 5.179.244 y 5.180.880 que enseñan una armadura corporal donde capas de fibra arámida y no arámida se unen en una estructura combinada. Véase también la patente estadounidense nº. 6.119.575 que enseña una estructura híbrida que comprende al menos una capa de fibras aromáticas en una primera matriz polimérica, al menos una capa de plástico entretejido, y al menos una capa de fibras de poliolefina en una segunda matriz polimérica.
- 35
- 40

- En cada uno de los materiales compuestos descritos en las patentes estadounidenses nº. 5.179.244, 5.180.880 y 6.119.575, cada una de las capas de componentes individuales consiste en un único tipo de fibra, donde una capa de fibra unidireccional se compone toda de un tipo de fibra y otras capas de fibra se componen de otro tipo de fibra. Una construcción de este tipo no consigue aprovechar por completo las diferentes propiedades de las diferentes fibras, tales como adherencia de la resina, temperatura de consolidación, características friccionales, resistencia al corte, etc. Adicionalmente, debido a la naturaleza de su construcción física, las estructuras híbridas de este tipo están excesivamente limitadas en homogeneidad del material compuesto y en el porcentaje de cada tipo de fibra en un material compuesto. Existe una necesidad en la técnica de una solución para estas desventajas, y esta invención proporciona una solución a esta necesidad. En particular, se ha encontrado que al combinar diferentes tipos de fibras en una única capa de fibra, un efecto sinérgico se logra en donde las propiedades variables de cada tipo de fibra se complementan mejor entre sí para formar de esta manera un material compuesto con resistencia balística mejorada.
- 45
- 50
- 55

La resistencia a la penetración balística de un material compuesto se relaciona directamente con la resistencia de las fibras constituyentes del material compuesto, donde aumentos en las propiedades de resistencia de la fibra tales como tenacidad y/o módulo de tracción se correlacionan con un aumento en la velocidad V_{50} . Por consiguiente, las fibras que tienen propiedades de tracción altas, tales como las fibras de polietileno de ultra alto peso molecular, son deseables en este documento. Existe también una correlación entre la deformación en la cara posterior (también conocida en la técnica como "deformación por impacto balístico", "evidencia del trauma" o "trauma por fuerza contundente") y la resistencia de unión de un revestimiento de resina en una fibra en una interfaz resina/fibra, donde una resistencia de unión más fuerte se correlaciona con una deformación en la cara posterior menor. Por consiguiente, las fibras que tienen una afinidad fuerte por revestimientos de resina/polímero, tales como fibras arámidas, son deseables en este documento.

Otras fibras estructurales de alto rendimiento, tales como fibras de carbono, fibras de vidrio, y fibras de poliéster, tales como fibras de tereftalato de polietileno y de naftalato de polietileno, son conocidas por proporcionar otras propiedades deseables tales como estabilidad térmica, resistencia a la abrasión, resistencia al corte y absorción de energía de impacto. Los materiales fibrosos de la invención se forman a partir de una o más capas de fibra híbridas que se forman al combinar al menos dos tipos diferentes de fibra para aprovechar las diferentes propiedades ventajosas proporcionadas por cada tipo de fibra sin compensar o sacrificar otras propiedades deseadas.

Compendio de la invención

La invención proporciona un material que comprende al menos una capa híbrida, cuya capa híbrida comprende una pluralidad de fibras o una pluralidad de cintas, o ambas, cuya pluralidad de fibras comprende al menos dos tipos de fibra físicamente diferentes y dicha pluralidad de cintas comprende al menos dos tipos de cinta físicamente diferentes, cuyos tipos de fibra o cinta físicamente diferentes tienen al menos una propiedad física distinta, en donde dichas fibras tienen una tenacidad de al menos 25 g/denier y dichas cintas tienen una tenacidad de al menos 20 g/denier y dichas fibras y cintas tienen un módulo de tracción de aproximadamente 300 g/denier o más, y donde dichos al menos dos tipos de fibras o cintas físicamente diferentes se forman a partir del mismo polímero.

La invención proporciona también un material no entretejido de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de fibras orientadas unidireccionalmente y sustancialmente paralelas o una pluralidad de cintas orientadas unidireccionalmente y sustancialmente paralelas, en donde las fibras paralelas adyacentes o las cintas paralelas adyacentes en cada capa híbrida son diferentes tipos de fibra o diferentes tipos de cinta.

Descripción detallada

Los materiales compuestos y otros materiales fibrosos se proporcionan para lograr un equilibrio de propiedades estructurales excelentes, resistencia a la penetración balística superior y bajo rendimiento de deformación en la cara posterior.

Tal como se utiliza en este documento, un "híbrido" tiene el significado corriente y habitual de una cosa fabricada al combinar dos o más elementos diferentes, que en el contexto de la presente invención son dos o más tipos de fibras diferentes, dos o más tipos de cintas diferentes, o combinaciones de estos. Una "capa híbrida" puede comprender una pluralidad de fibras, cuya pluralidad de fibras comprende al menos dos tipos de fibra físicamente diferentes, cuyos tipos de fibra físicamente diferentes tienen al menos una propiedad física distinta. Una "capa híbrida" puede comprender alternativamente una pluralidad de cintas, cuya pluralidad de cintas comprende al menos dos tipos de cinta físicamente diferentes, cuyos tipos de cinta físicamente diferentes tienen al menos una propiedad física distinta.

Tal como se utiliza en este documento, tipos de fibra/cinta diferentes se refieren a fibras/cintas que son como mínimo tipos de fibra/cinta físicamente diferentes, es decir, fibra/cintas que tienen al menos una propiedad física distinta. Los ejemplos de propiedades físicas de fibras/cintas incluyen propiedades de tracción de la fibra/cinta, tales como tenacidad, módulo de tracción inicial, resistencia a la tracción y alargamiento/alargamiento a la rotura. Otras propiedades físicas incluyen densidad de la fibra/cinta, denier de la fibra/cinta, denier por filamento, tendencia a la fluencia (tal como se determina por la norma ASTM D6992) diámetro de la fibra/cinta, propiedades eléctricas (incluidas propiedades dieléctricas, tales como constante dieléctrica, y propiedades de tangente de pérdidas), y propiedades térmicas, incluido el coeficiente de expansión térmica en las direcciones axial y transversal de la fibra/cinta.

Tal como se utiliza en este documento, las propiedades físicas también incluyen características físicas de una superficie de fibra/cinta, tales como la presencia o ausencia de un acabado de la superficie de fibra/cinta, o si las superficies de fibra/cinta se han tratado o no, tal como por medio de tratamiento con plasma o tratamiento con corona. Varios tratamientos de superficies se describen en las aplicaciones pendientes de tramitación con nº. de serie 61/531.233 (US 2013/0055790); 61/531.255 (US 2013/0059496); 61/531.268 (US 2014/0302273); 61/531.302 (US 2014/0248463); y 61/531.323 (US 2014/0302274).

Para los fines de la presente invención, una "fibra" es un cuerpo alargado cuya dimensión de longitud es mucho mayor que las dimensiones transversales de anchura y espesor. Las secciones transversales de fibras para su uso en esta invención pueden variar ampliamente, y pueden ser circulares, planas u oblongas en sección transversal.

Por lo tanto, el término "fibra" incluye filamentos, cintas decorativas, tiras y similares que tienen una sección transversal regular o irregular, pero se prefiere que las fibras tengan una sección transversal sustancialmente circular. Tal como se utiliza en este documento, el término "hilo" se define como una hebra continua única que consiste en múltiples fibras o filamentos. Una única fibra se puede formar a partir de un solo filamento o de múltiples filamentos. En este documento, una fibra formada a partir de un solo filamento se refiere a tanto una fibra de "único filamento" como a una fibra "monofilamento", y una fibra formada a partir de una pluralidad de filamentos se refiere, en este documento, a una fibra "multifilamento". En este documento, la definición de fibras multifilamento abarca también fibras pseudo-monofilamento, que es un término de la técnica que describe fibras multifilamento que se funden al menos parcialmente juntas y que parecen fibras monofilamento. Las fibras multifilamento de la invención preferiblemente incluyen de 2 a aproximadamente 1000 filamentos, más preferiblemente de 30 a 500 filamentos, todavía más preferiblemente de 100 a 500 filamentos, todavía más preferiblemente de aproximadamente 100 filamentos a aproximadamente 250 filamentos y de manera más preferida de aproximadamente 120 a aproximadamente 240 filamentos. En la técnica, se refiere también con frecuencia a las fibras multifilamento como haces de fibra.

Una "capa de fibra" o "capa de cinta", tal como se utilizan en este documento, pueden comprender una única hoja o un estrato generalmente plano de fibras orientadas unidireccionalmente sustancialmente no solapadas, cintas fibrosas, cintas no fibrosas, o una combinación de estas. Esto se puede describir alternativamente como un conjunto de fibras/cintas sustancialmente paralelas. En la técnica, este tipo de disposición de fibra/cinta se conoce también como "unicinta", "cinta unidireccional", "UD" o "UDT". Tal como se utiliza en este documento, un "conjunto" describe una disposición ordenada de fibras, hilos o cintas, que es exclusiva de tejidos entretejidos, y un "conjunto paralelo" describe una disposición ordenada en paralelo de fibras, hilos o cintas. El término "orientado", tal como se describe en el contexto de "fibras orientadas", se refiere a la alineación de las fibras. Una "capa de fibra" se puede referir también a un tejido entretejido. Una única "capa" es exclusiva de una estructura consolidada que incorpora múltiples tejidos entretejidos o múltiples conjuntos de fibras/cintas sustancialmente paralelas que se apilan o fusionan.

Por otro lado, una "lámina de fibra" o "lámina de cinta", tal como se utilizan en este documento, pueden comprender una única capa de fibras/cintas orientadas unidireccionalmente, una pluralidad de capas consolidadas de fibras/cintas orientadas unidireccionalmente, un tejido entretejido, una pluralidad de tejidos entretejidos consolidados, o cualquier otra estructura de tejido que se ha formado a partir de una pluralidad de fibras/cintas, incluidos fieltros, esteras y otras estructuras, tales como aquellas que comprenden fibras/cintas orientadas aleatoriamente. Una "lámina" describe una disposición generalmente plana. Una lámina de fibra tendrá tanto una superficie superior externa y una superficie inferior externa.

El término "tejido" describe estructuras que pueden incluir una o más capas de fibra, con o sin moldeo o consolidación de las capas. Por ejemplo, un tejido entretejido o fieltro puede comprender una única capa de fibra. Un tejido no entretejido formado a partir de fibras/cintas unidireccionales comprende típicamente una pluralidad de capas de fibra apiladas las unas sobre las otras y consolidadas. Cuando se utiliza en este documento, una estructura de "capa única" se refiere a cualquier estructura fibrosa monolítica compuesta de una o más capas individuales o láminas individuales que se han fusionado, es decir, consolidado por medio de laminación de baja presión o por moldeo de alta presión, en una única estructura unitaria, opcionalmente junto con un material ligante polimérico. "Consolidación" significa que un material ligante polimérico se combina junto con cada capa de fibra en una única capa unitaria. La consolidación puede ocurrir por medio de secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de estos. El calor y/o presión pueden ser no necesarios, ya que las fibras/cintas o láminas de tejido simplemente pueden pegarse juntas, como es el caso en el proceso de laminación en húmedo. La expresión "material compuesto" se refiere a combinaciones de fibras/cintas, típicamente con al menos un material ligante polimérico. Un "material compuesto complejo" se refiere a una combinación consolidada de una pluralidad de láminas de fibra/cinta. Tal como se describe en este documento, la expresión tejidos "no entretejidos" incluye todas las estructuras de tejido que no se han formado por entretejido. Por ejemplo, los tejidos no entretejidos pueden comprender una pluralidad de unicintas que se han recubierto al menos parcialmente con un material ligante polimérico, apilado/solapado y consolidado en una única lámina, elemento monolítico, al igual que un fieltro o estera que comprende fibras orientadas aleatoriamente no paralelas que preferiblemente se han recubierto con una composición ligante polimérica.

Tal como se utiliza en este documento, el término "cinta" se refiere a una tira estrecha de un material fibroso o no fibroso. En términos generales, las cintas son estructuras planas que tienen una sección transversal sustancialmente rectangular y que tienen un espesor de aproximadamente 0,5 mm o menos, más preferiblemente aproximadamente 0,25 mm o menos, todavía más preferiblemente aproximadamente 0,1 mm o menos y todavía más preferiblemente aproximadamente 0,05 mm o menos. En las realizaciones más preferidas, las cintas poliméricas tienen un espesor de hasta aproximadamente 3 mil (76,2 μm), más preferiblemente de aproximadamente 0,35 mil (8,99 μm) a aproximadamente 3 mil (76,2 μm), y de manera más preferida de aproximadamente 0,35 mil a aproximadamente 1,5 mil (38,1 μm). El espesor se mide en la región más gruesa de la sección transversal. En términos generales, una cinta tiene un ancho inferior a o igual a aproximadamente 6 pulgadas (15,24 cm), con un ancho preferido de aproximadamente 2,5 mm a aproximadamente 50 mm, más preferiblemente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 50 mm, todavía más preferiblemente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 25,4 mm (1 pulgada), incluso más preferiblemente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 20 mm, y de manera más

preferida de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm. Estas dimensiones pueden variar, pero las cintas poliméricas formadas en este documento de manera más preferida se fabrican para tener dimensiones que logren una relación de aspecto de la sección transversal medio, es decir, la relación de la dimensión mayor a la menor de las secciones transversales promediadas a lo largo del artículo de cinta, de mayor que aproximadamente 3:1, más preferiblemente al menos aproximadamente 5:1, todavía más preferiblemente al menos aproximadamente 10:1, todavía más preferiblemente al menos aproximadamente 20:1, todavía más preferiblemente al menos aproximadamente 50:1, todavía más preferiblemente al menos aproximadamente 100:1, todavía más preferiblemente al menos aproximadamente 250:1 y de manera más preferida las cintas poliméricas tiene una relación de aspecto de la sección transversal media de al menos 400:1.

Una cinta puede ser un material fibroso o un material no fibroso. Un material de cinta "fibroso" es una cinta que comprende uno o más filamentos. La sección transversal de una cinta polimérica de la invención puede ser rectangular, oval, poligonal, irregular, o de cualquier forma que satisfaga los requisitos de ancho, espesor y relación de aspecto resumidos en este documento.

Los métodos para fabricar cintas fibrosas se describen, por ejemplo, en la patente estadounidense nº. 8.236.119 y en las solicitudes de patente estadounidense con nº. de serie 13/021.262; 13/494.641; 13/568.097; 13/647.926 y 13/708.360. Otros métodos para fabricar cintas fibrosas se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 2.035.138; 4.124.420; 5.115.839, o por el uso de un telar de cintas especializado en tejer tejidos entretejidos estrechos o cintas decorativas. Telares de cintas útiles se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 4.541.461; 5.564.477; 7.451.787 y 7.857.012, cada de las cuales está asignada a Textilma AG de Stansstad, Suiza, aunque cualquier telar de cintas alternativo es igualmente útil. Las cintas poliméricas se pueden formar también por medio de otros métodos conocidos convencionalmente, tales como extrusión, pultrusión, técnicas para cortar películas, etc. Por ejemplo, una unicinta de espesor estándar se puede cortar o cortar longitudinalmente en cintas que tienen las longitudes deseadas. Un ejemplo de un aparato para cortar longitudinalmente se describe en la patente estadounidense nº. 6.098.510 que enseña un aparato para cortar longitudinalmente una banda de material laminar mientras se enrolla en dicho rodillo. Otro ejemplo de un aparato para cortar longitudinalmente se describe en la patente estadounidense nº. 6.148.871, que enseña un aparato para cortar longitudinalmente una hoja de una película polimérica en una pluralidad de tiras de película con una pluralidad de cuchillas. Métodos para fabricar cintas poliméricas no fibrosas no entretejidas se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 7.300.691; 7.964.266 y 7.964.267. Para cada una de estas realizaciones, múltiples láminas de materiales basados en cintas se pueden apilar y consolidar/moldear de una forma similar a los materiales fibrosos, con o sin un material ligante polimérico.

Las cintas poliméricas no fibrosas se forman por medio de métodos conocidos convencionalmente, tales como extrusión, pultrusión, técnicas para cortar películas, técnicas de compresión/aplanado de fibra, etc. Por ejemplo, una unicinta de espesor estándar se puede cortar o cortar longitudinalmente en cintas que tienen las longitudes deseadas, que es un método deseado para producir cintas a partir de láminas de fibra no entretejida multicapa. Un ejemplo de un aparato para cortar longitudinalmente se describe en la patente estadounidense nº. 6.098.510 que enseña un aparato para cortar longitudinalmente una banda de material laminar mientras se enrolla en dicho rodillo. Otro ejemplo de un aparato para cortar longitudinalmente se describe en la patente estadounidense nº. 6.148.871, que enseña un aparato para cortar longitudinalmente una hoja de una película polimérica en una pluralidad de tiras de película con una pluralidad de cuchillas. Otros métodos de ejemplo se describen en las patentes estadounidenses nº. 7.300.691; 7.964.266 y 7.964.267. También es conocido que forman estructuras de cinta estrecha por medio de entretejido de tiras finas de tejido, que generalmente se pueden conseguir al ajustar la configuración en cualquier máquina de tejer, tales como las descritas en las patentes estadounidenses nº. 2.035.138; 4.124.420; 5.115.839, o por medio del uso de un telar de cintas especializado en tejer tejidos entretejidos estrechos o cintas decorativas. Telares de cintas útiles se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 4.541.461; 5.564.477; 7.451.787 y 7.857.012, cada una está asignada a Textilma AG de Stansstad, Suiza, aunque cualquier telar de cintas alternativo es igualmente útil.

Las fibras en una capa de fibra híbrida son fibras poliméricas de alto módulo de tracción y alta resistencia. Tal como se utiliza en este documento, una fibra de "alto módulo de tracción y alta resistencia" es una que tiene una tenacidad de al menos 25 g/denier o más, un módulo de tracción preferido de al menos 300 g/denier o más, y preferiblemente una energía a la rotura de al menos aproximadamente 8 J/g o más, cada uno medido por medio de la norma para fibras ASTM D2256. Tal como se utiliza en este documento, el término "denier" se refiere a la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos por 9000 metros de fibra. Tal como se utiliza en este documento, el término "tenacidad" se refiere a la tensión de rotura expresada como fuerza (gramos) por unidad de densidad lineal (denier) de un espécimen no forzado. El "módulo inicial" de una fibra es la propiedad de un material representativo de su resistencia a la deformación. La expresión "módulo de tracción" se refiere a la relación del cambio en tenacidad, expresado en gramos-fuerza por denier (g/d) al cambio en alargamiento, expresado como una fracción de la longitud original de la fibra (pulgada/pulgada).

Las fibras de alto módulo de tracción y alta resistencia particularmente adecuadas incluyen fibras de poliolefina, incluido polietileno de alta densidad y de baja densidad. Particularmente preferidas son las fibras de poliolefina de cadena extendida, tales como fibras de polietileno de alto peso molecular extremadamente orientado,

particularmente fibras de polietileno de ultra alto peso molecular, y fibras de polipropileno, particularmente fibras de polipropileno de ultra alto peso molecular. También son adecuadas las fibras arámidas, particularmente fibras para-arámidas, fibras de poliamida, fibras de tereftalato de polietileno, fibras de naftalato de polietileno, fibras de alcohol polivinílico de cadena extendida, fibras de poliacrilonitrilo de cadena extendida, fibras de polibenzoxazol (PBO),
 5 fibras de polibenzotiazol (PBT), fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de cadena rígida tales como fibras M5®, y fibras de vidrio, incluidas fibras de vidrio de grado eléctrico (vidrio E-glass; vidrio de borosilicato de bajo contenido de álcalis), fibras de vidrio de grado estructural (vidrio S-glass; un silicato de magnesio y aluminio de alta resistencia) y fibra de vidrio de grado de resistencia (vidrio R-glass; un vidrio de silicato de aluminio de alta resistencia sin óxido de magnesio u óxido de calcio). Cada uno de estos tipos de fibra se conoce convencionalmente en la técnica.
 10 También son adecuados para producir fibras poliméricas los copolímeros, polímeros en bloque y mezclas de los materiales anteriores.

Los tipos de fibra más preferidos incluyen polietileno, particularmente fibras de polietileno de cadena extendida, fibras arámidas, fibras de PBO, fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de polipropileno, particularmente fibras de polipropileno de cadena extendida extremadamente orientadas, fibras de alcohol polivinílico, fibras de
 15 poliacrilonitrilo y fibras de cadena rígida, particularmente fibras M5®.

En el caso del polietileno, las fibras preferidas son polietilenos de cadena extendida que tienen pesos moleculares de al menos 300.000, preferiblemente al menos un millón y más preferiblemente entre dos y cinco millones. Fibras de polietileno de cadena extendida (ECPE) de este tipo se pueden cultivar en procesos de solución de hilatura tal como se describen en las patentes estadounidenses nº. 4.137.394 o 4.356.138, o se pueden hilar a partir de una
 20 disolución para formar una estructura de gel, tal como se describe en las patentes estadounidenses nº. 4.413.110; 4.536.536; 4.551.296; 4.663.101; 5.006.390; 5.032.338; 5.578.374; 5.736.244; 5.741.451; 5.958.582; 5.972.498; 6.448.359; 6.746.975; 6.969.553; 7.078.099; 7.344.668 y la publicación de solicitud de patente estadounidense 2007/0231572. Los tipos de fibra particularmente preferidos son cualquier fibra de polietileno vendida con el nombre comercial SPECTRA® de Honeywell International Inc, las fibras SPECTRA® son conocidas en la técnica. Otros tipos de fibra de polietileno útiles incluyen también los hilos DYNEEMA® UHMWPE disponibles comercialmente de Royal
 25 DSM N.V. Corporation de Heerlen, Países Bajos.

Las fibras arámidas (poliamida aromática) o para-arámidas preferidas están disponibles comercialmente y se describen, por ejemplo, en la patente estadounidense nº. 3.671.542. Por ejemplo, los filamentos de poli(tereftalamida de p-fenileno) útiles se producen comercialmente por DuPont con el nombre comercial KEVLAR®. También son
 30 útiles en la práctica de esta invención las fibras de poli(isoftalamida de m-fenileno) producidas comercialmente por DuPont de Wilmington, Delaware, EE. UU. con el nombre comercial NOMEX® y las fibras producidas comercialmente por Teijin Aramid GmbH de Alemania con el nombre comercial TWARON®, fibras arámidas producidas comercialmente por Kolon Industries, Inc. de Corea con el nombre comercial HERACRON®, fibras p-áramidas SMV® y RUSAR® que son producidas comercialmente por Kamensk Volokno JSC de Rusia y fibras p-
 35 arámidas ARMOS® producidas comercialmente por JSC Chim Volokno de Rusia.

Las fibras de PBO adecuadas para la práctica de esta invención están disponibles comercialmente y se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 5.286.833; 5.296.185; 5.356.584; 5.534.205 y 6.040.050. Las fibras de copoliéster de cristal líquido adecuadas para la práctica de esta invención están disponibles comercialmente y se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 3.975.487; 4.118.372 y 4.161.470,
 40 e incluidas las fibras de copoliéster de cristal líquido VECTRAN® disponibles comercialmente de Kuraray Co., Ltd. de Tokio, Japón. Las fibras de polipropileno adecuadas incluyen fibras de polipropileno de cadena extendida extremadamente orientadas (ECP) tal como se describen en la patente estadounidense nº. 4.413.110. Las fibras de alcohol polivinílico (PV-OH) adecuadas se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 4.440.711 y 4.599.267. Las fibras de poliacrilonitrilo (PAN) adecuadas se describen, por ejemplo, en la patente estadounidense
 45 nº. 4.535.027. Cada uno de estos tipos de fibra se conocen convencionalmente y están disponibles comercialmente de manera amplia.

Las fibras M5® se forman a partir de piridobisimidazol-2,6-diil- (2,5-dihidroxi-p-fenileno) y se fabricaron más recientemente por Magellan Systems International de Richmond, Virginia, EE. UU. y se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses nº. 5.674.969; 5.939.553; 5.945.537 y 6.040.478.

Las fibras de vidrio útiles incluyen fibras de vidrio S-glass, fibras de vidrio S2-Glass® disponibles comercialmente de AGY de Aiken, Carolina del Sur, EE. UU. y fibras de vidrio E-glass HiPerTex®, disponibles comercialmente de 3B Fibreglass de Battice, Bélgica. También son adecuadas las fibras de vidrio R-glass, tales como aquellas disponibles comercialmente con el nombre comercial VETROTEX® de Saint-Gobain de Courbevoie, Francia. También son
 50 adecuadas combinaciones de los materiales anteriores.

Los materiales de cinta fibrosos se pueden fabricar según los métodos descritos anteriormente utilizando cualquiera de los tipos de fibra/filamento mencionados anteriormente. Los tipos particularmente adecuados de materiales de cinta poliméricos no fibrosos de alto módulo de tracción y alta resistencia son las cintas de poliolefina. Las cintas de poliolefina preferidas incluyen cintas de polietileno, tales como aquellas disponibles comercialmente con el nombre comercial TENSYLON®, que están disponibles comercialmente de E. I. du Pont de Nemours and Company de
 55

Wilmington, Delaware, EE. UU. Véanse, por ejemplo, las patentes estadounidenses nº. 5.091.133; 7.964.266 y 7.964.267. También son adecuadas las cintas de polipropileno, tales como aquellas disponibles comercialmente con el nombre comercial TEGRIS® de Milliken & Company de Spartanburg, Carolina del Sur, EE. UU. Véase, por ejemplo, la patente estadounidense nº. 7.300.691. Los materiales compuestos basados en cinta que son útiles como

5 sustratos resistentes al agrietamiento en este documento están disponibles también comercialmente, por ejemplo, con el nombre comercial DYNEEMA® BT10 de Royal DSM N.V. Corporation de Heerlen, Países Bajos y con el nombre comercial ENDUMAX® de Teijin Aramid GmbH de Alemania.

Las fibras/cintas pueden ser de cualquier denier adecuado. Por ejemplo, las fibras pueden ser de un denier de aproximadamente 50 a aproximadamente 3000 denier, más preferiblemente de aproximadamente 200 a 3000 denier, todavía más preferiblemente de aproximadamente 650 a aproximadamente 2000 denier, y de manera más preferida de aproximadamente 800 a aproximadamente 1500 denier. Las cintas pueden ser de un denier de aproximadamente 50 a aproximadamente 30.000 denier, más preferiblemente de aproximadamente 200 a 10.000 denier, todavía más preferiblemente de aproximadamente 650 a aproximadamente 2000 denier, y de manera más preferida de aproximadamente 800 a aproximadamente 1500 denier. La selección se rige por consideraciones de eficacia balística y costes. Las fibras/cintas más finas son más costosas de fabricar y de entretejer, pero pueden producir una

10 eficacia balística mejor por peso unitario.

Tal como se expuso antes, una fibra/cinta de alto módulo de tracción y alta resistencia es una que tiene una tenacidad de 25 g/denier (fibra) o 20 g/denier (cinta) o más, un módulo de tracción preferible de 300 g/denier o más y una energía a la rotura preferida de aproximadamente 8 J/g o más, cada uno medido por medio de la norma ASTM D2256. Las fibras tienen una tenacidad de 25 g/denier o más, preferiblemente aproximadamente 30 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 40 g/denier o más, todavía más preferiblemente aproximadamente 45 g/denier o más, y de manera más preferida 50 g/denier o más. Las cintas tienen una tenacidad de 20 g/denier o más. Las cintas más anchas tendrán tenacidades más bajas. Las fibras/cintas tienen un módulo de tracción de 300 g/denier o más, preferiblemente aproximadamente 400 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 500 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 1.000 g/denier o más, y de manera más preferida 1.500 g/denier o más. Las fibras/cintas preferidas tienen una energía a la rotura preferida de aproximadamente 15 J/g o más, más preferiblemente aproximadamente 25 J/g o más, más preferiblemente aproximadamente 30 J/g o más y de manera más preferida tienen una energía a la rotura de aproximadamente 40 J/g o más. Los métodos para formar cada uno de los tipos de fibra y cinta preferidos que tienen estas propiedades de alta resistencia combinadas se conocen convencionalmente en la técnica.

20

25

30

En una realización de la invención, los tipos de fibra/cinta físicamente diferentes de una fibra híbrida o una capa de cinta híbrida comprenden fibras o cintas físicamente distintas que son sustancialmente similares químicamente, es decir, iguales químicamente, donde iguales químicamente significa que están formadas a partir del mismo polímero. Por ejemplo, en un material preferido, una capa de fibra híbrida o una capa de cinta híbrida comprende una pluralidad de fibras o cintas de polietileno físicamente distintas. En otro material fibroso preferido, una capa de fibra híbrida o una capa de cinta híbrida comprende una pluralidad de fibras o cintas arámidas físicamente distintas. En otro material fibroso preferido, una capa de fibra híbrida o una capa de cinta híbrida comprende una pluralidad de fibras o cintas de polibenzoxazol (PBO) físicamente distintas. Mientras que son iguales químicamente, los tipos de fibra/cinta en una capa de fibra híbrida única o capa de cinta híbrida tendrán al menos una propiedad física distinta, tal como tenacidades diferentes, módulos de tracción diferentes, alargamientos a la rotura diferentes, resistencias a la rotura diferentes, denieres de fibra/cinta diferentes, etc. Una o cada capa de fibra o cinta híbrida pueden tener más de dos tipos de fibra/cinta diferentes de química de fibra similar en una capa de fibra/cinta híbrida única.

35

40

En una realización preferida, una capa de fibra híbrida única puede comprender dos o más fibras SPECTRA® 900, fibras SPECTRA® 1000 y fibras SPECTRA® 3000, las cuales todas están disponibles comercialmente de Honeywell International Inc. de Morristown, Nueva Jersey, EE. UU. Una capa de fibra híbrida única comprende una combinación de una pluralidad de fibras de alto denier y una pluralidad de fibras de bajo denier, en donde dichas fibras de alto denier tienen un denier de fibra mayor que las fibras de denier bajo. Por ejemplo, una capa de fibra híbrida puede comprender una combinación de fibras SPECTRA® 900 de 650 denier, fibras SPECTRA® 900 de 1200 denier, fibras SPECTRA® 900 de 2400 denier y fibras SPECTRA® 900 de 4800 denier. Alternativamente, una capa de fibra híbrida única puede comprender una combinación de dos o más fibras SPECTRA® 900 de 650 denier, fibras SPECTRA® 900 de 1200 denier, fibras SPECTRA® 900 de 2400 denier y fibras SPECTRA® 900 de 4800 denier. Como otro ejemplo, una capa de fibra híbrida única puede comprender una combinación de dos o más fibras SPECTRA® 1000 de 75 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 100 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 130 denier, SPECTRA® 1000 de 180 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 215 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 275 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 375, fibras SPECTRA® 1000 de 435 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 650 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 1300 denier, fibras SPECTRA® 1000 de 1600 denier y fibras SPECTRA® 1000 de 2600. Alternativamente, una capa de fibra híbrida única puede comprender una combinación de dos o más fibras SPECTRA® 3000 de 1100 denier, fibras SPECTRA® 3000 de 1300 denier y fibras SPECTRA® 3000 de 1600 denier. También son útiles combinaciones de cualquiera de los tipos de fibra SPECTRA® anteriores con cualquier variedad de fibras arámidas, fibras de polibenzoxazol, fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de cadena rígida M5®, fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de poliéster, etc., tales como una pluralidad de fibras de polietileno

45

50

55

60

físicamente distintas y una pluralidad de fibras arámidas físicamente distintas. También son útiles las combinaciones análogas de cintas fibrosas formadas a partir de los tipos de fibra/filamento anteriores.

En otra realización, una capa de fibra híbrida única puede comprender una pluralidad de fibras multifilamento que tienen el mismo denier de fibra pero donde los filamentos componentes de la fibra tienen diferentes denieres por filamento (dpf). En esta realización, todas las fibras en la capa podrían ser sustancialmente similares químicamente, o la capa puede comprender dos o más tipos de fibra diferentes químicamente, los denieres de fibra pueden ser iguales, y pueden tener la misma tenacidad, módulo de tracción, etc., pero con diferentes denieres por filamento. Por consiguiente, el material fibroso comprende una o más capas de fibra híbridas que comprenden una pluralidad de fibras de alto denier por filamento y una pluralidad de fibras de bajo denier por filamento, dichas fibras de alto denier por filamento tienen un denier por filamento mayor que las fibras de bajo denier por filamento. Como ejemplo, fibras SPECTRA® 900 de 650 denier tienen un dpf publicado de 10,8, mientras que las fibras SPECTRA® 900 de 1200 denier tienen un dpf publicado de 10,0. También son útiles las combinaciones análogas de cintas fibrosas formadas a partir de los tipos de fibra/filamento anteriores.

En todavía otra realización alternativa, las capas de fibra híbridas se pueden fabricar a partir de haces de fibras híbridas multifilamento en donde una pluralidad de diferentes tipos de filamento se mezclan juntos para formar una fibra híbrida multifilamento única. Los haces de fibra híbrida de este tipo se pueden fabricar, por ejemplo, por medio de mezclar diferentes filamentos juntos con un chorro de aire. Una pluralidad de fibras híbridas multifilamento de este tipo se puede disponer en capas de fibra y fabricar subsecuentemente en materiales fibrosos, tales como tejidos entretejidos o no entretejidos y materiales compuestos. Sin embargo, cada fibra preferiblemente comprende una pluralidad de filamentos que son sustancialmente similares físicamente y sustancialmente similares químicamente. Para facilitar el esparcido de la fibra, se prefiere también que los tipos de fibra diferentes físicamente en una capa de fibra híbrida nunca se tuerzan o enreden juntos el uno con el otro.

En todavía otra realización útil, una capa de fibra híbrida puede comprender algunas fibras que han sido tratadas con plasma o tratadas con corona tal como se describe en las solicitudes con n°. de serie 61/531.233 (US 2013/0055790); 61/531.255 (US 2013/0059496); 61/531.268 (US 2014/0302273); 61/531.302 (US 2014/0248463); and 61/531.323 (US 2014/0302274), con otras fibras que no están tratadas. En otra variación, una capa de fibra híbrida puede comprender algunas fibras que han sido tratadas con plasma y otras fibras que han sido tratadas con corona. En otra variación, una capa de fibra híbrida puede comprender algunas fibras cuyo acabado de superficie de fibra se ha eliminado sustancialmente (cuyas fibras también se pueden haber tratado opcionalmente con plasma o corona) y otras fibras cuyo acabado de superficie de fibra no se ha eliminado (cuyas fibras también se pueden haber tratado opcionalmente con plasma o corona). También son útiles las combinaciones análogas de cintas fibrosas formadas a partir de los tipos de fibra/filamento anteriores.

En una capa de fibra híbrida o una capa de cinta híbrida particularmente preferidas, una capa de fibra/cinta híbrida comprende una pluralidad de fibras de polietileno y una pluralidad de fibras arámidas. En el ejemplo de una construcción de capa de fibra híbrida, dicha capa de fibra híbrida comprende una pluralidad de fibras de grado balístico de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 20 g/denier, tales como fibras de polietileno de ultra alto peso molecular o fibras arámidas o fibras de PBO, cuya lámina puede comprender también una pluralidad de fibras de grado estructural de alto rendimiento que tienen una tenacidad inferior a aproximadamente 10 g/denier, que incluyen ciertas fibras de carbono, ciertas fibras de vidrio y ciertas fibras de poliéster. En este ejemplo que comprende tanto fibras de grado balístico como fibras de grado estructural, se prefiere que la capa de fibra híbrida tenga un contenido de fibra de alta tenacidad superior a un 50% en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente un 60% en peso y de manera más preferida al menos aproximadamente un 70% en peso. Las fibras de grado estructural de este tipo pueden mostrar una mayor afinidad a unirse a revestimientos de resina/polímero que fibras de grado balístico. Preferiblemente, en una capa que combina tanto fibras de grado estructural como fibras de grado balístico, la fuerza de unión de una resina a las fibras de grado estructural es preferiblemente al menos el doble que la fuerza de unión de una resina a las fibras de grado balístico.

Donde una capa de fibra/cinta híbridas comprende un tejido entretejido, el tejido entretejido se puede entretejer utilizando cualquier técnica conocida en la técnica utilizando cualquier tejido, tal como tejido plano, tejido pata de gallo, tejido de cestería, tejido satén, tejido sarga y similares. El tejido plano es el más común, donde las fibras se entretejen juntas en una orientación octogonal de 0°/90°. También son útiles los métodos de tejido 3D en donde estructuras entretejidas multicapa se fabrican al entretejer hilos de urdimbre y de trama tanto horizontalmente como verticalmente.

Una pluralidad de capas de fibra híbridas y/o capas de cinta híbridas se fusionan, es decir, se consolidan, según técnicas conocidas para formar láminas de fibra multicapa y/o láminas de cinta multicapa (es decir, materiales compuestos complejos), donde las fibras/cintas se pueden recubrir opcionalmente con un material ligante polimérico para facilitar la consolidación. Una o más capas de fibra/cinta híbridas se pueden fusionar también con otras capas de fibra que no son híbridas, es decir, capas compuestas por una pluralidad de fibras/cintas que son iguales tanto física como químicamente las unas con respecto a las otras. Sin embargo, se prefiere que cada capa en un material compuesto multicapa sea una capa de fibra/cinta híbrida de la invención. Esto incluye fusionar conjuntamente una pluralidad de capas de fibra entretejidas en un material compuesto complejo, con o sin recubrir/impregnar las fibras

con un ligante polimérico, al igual que fusionar conjuntamente una pluralidad de capas de fibra no entretejida con o sin recubrir/impregnar las fibras con un ligante polimérico.

Los métodos para producir materiales fibrosos no entretejidos son conocidos en la técnica. Por ejemplo, en un método preferido para formar tejidos no entretejidos, una pluralidad de fibras se disponen en al menos un conjunto, dispuesto típicamente como una banda de fibra que comprende una pluralidad de fibras alineadas en un conjunto unidireccional sustancialmente paralelo. En un proceso típico, se suministran haces de fibra a partir de una fileta y se conducen a través de guías y una o más barras separadoras a un peine colimador, seguido por revestimiento de las fibras con un material ligante polimérico. Las barras separadoras y el peine colimador dispersan y separan las fibras en haz, reorganizándolas unas junto a las otras en una forma coplanar. La separación ideal de las fibras da como resultado los filamentos individuales o fibras individuales posicionados unos cerca de los otros en un único plano de fibra, formando un conjunto paralelo sustancialmente unidireccional de fibras sin que las fibras se solapen las unas a las otras.

Este proceso de formar capas de fibra no entretejida permite un gran control sobre la composición de la capa de fibra híbrida. Por ejemplo, los haces de fibras suministrados a partir de las filetas se pueden disponer para alternar diferentes tipos de extremos de fibra de modo que las fibras adyacentes sean diferentes a través del ancho completo de la capa de fibra híbrida, o se puede especificar otro patrón como deseado, de modo que cada cuarta o quinta fibra sea una fibra de grado estructural con el resto siendo de fibras de grado balístico. En otro método, se pueden combinar múltiples tipos de fibra en una única bobina de fibra. El porcentaje de cada tipo de fibra en cada capa de fibra híbrida también es fácilmente controlable, tal como una relación de porcentaje de 1/99 a 10/90, o 1/99 a 1/95 de fibra de grado estructural a fibra de grado balístico. Esto permite una distribución uniforme/homogénea o una distribución casi homogénea de los tipos de fibra en una capa de fibra híbrida si se desea.

Tal como se explicó anteriormente, en ciertas realizaciones se desea recubrir las fibras/cintas con una resina o un material ligante polimérico. Tal como se utiliza en este documento, un ligante "polimérico" incluye resinas y goma y también se conoce comúnmente en la técnica como material de "matriz polimérica". Los materiales de este tipo unen fibras/cintas juntas tanto por medio de sus características adhesivas inherentes como después de ser sometidas a condiciones de calor y/o temperatura conocidas. Cuando está presente, el material ligante polimérico recubre tanto parcial como sustancialmente las fibras/cintas individuales, preferiblemente recubre sustancialmente cada una de las fibras/cintas individuales.

Los materiales ligantes poliméricos adecuados incluyen tanto materiales elastoméricos de bajo módulo como materiales rígidos de alto módulo. Tal como se utiliza a lo largo de este documento, la expresión "módulo de tracción" significa el módulo de elasticidad, el cual se mide para fibras por medio de la norma ASTM D2256 y por medio de la norma ASTM D638 para un material ligante polimérico. Las propiedades de rigidez, de impacto y balísticas de los artículos formados a partir de los materiales compuestos de la invención se ven afectados por el módulo de tracción del polímero del ligante polimérico que recubre las fibras. Un ligante polimérico preferido comprende un material elastomérico de bajo módulo. Para los fines de esta invención, un material elastomérico de bajo módulo tiene un módulo de tracción medido a aproximadamente 6.000 psi (41,4 MPa) o menos según los procedimientos de análisis de la norma ASTM D638. Un polímero de bajo módulo es preferiblemente un elastómero que tiene un módulo de tracción de aproximadamente 4.000 psi (27,6 MPa) o menos, más preferiblemente aproximadamente 2400 psi (16,5 MPa) o menos, más preferiblemente 1200 psi (8,23 MPa) o menos, y de manera más preferida es de aproximadamente 500 psi (3,45 MPa) o menos. La temperatura de transición del vidrio (T_g) del elastómero es preferiblemente inferior a aproximadamente 0°C , más preferiblemente inferior a aproximadamente -40°C , y de manera más preferida inferior a aproximadamente -50°C . El elastómero también tiene un alargamiento a la rotura preferido de al menos aproximadamente un 50%, más preferiblemente al menos aproximadamente un 100%, y de manera más preferida tiene un alargamiento a la rotura de al menos aproximadamente un 300%. Una amplia variedad de materiales y formulaciones que tienen un bajo módulo se pueden utilizar como el ligante polimérico. Los ejemplos representativos incluyen polibutadieno, poliisopreno, goma natural, copolímeros de etileno-propileno, terpolímeros de etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, elastómeros de poliuretano, polietileno clorosulfonado, policloropreno, cloruro de polivinilo plastificado, elastómeros de acrilonitrilo de butadieno, poli(isobutileno-co-isopropeno), poliacrilatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, copolímeros de etileno, poliamidas (útiles con algunos tipos de fibra), acrilonitrilo butadieno estireno, policarbonatos, y combinaciones de estos, al igual que otros polímeros y copolímeros de bajo módulo curables por debajo del punto de fusión de la fibra. También se prefieren mezclas de diferentes materiales elastoméricos, o mezclas de materiales elastoméricos con uno o más termoplásticos.

Son particularmente útiles los copolímeros en bloque de dienos conjugados y monómeros aromáticos de vinilo. El butadieno e isopreno son elastómeros de dieno conjugado preferidos. El estireno, vinil tolueno y t-butil estireno son monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros en bloque que incorporan poliisopreno se pueden hidrogenar para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos de elastómero de hidrocarburo saturado. Los polímeros pueden ser copolímeros en tribloque del tipo A-B-A, copolímeros en multibloque del tipo $(AB)_n$ ($n=2-10$) o copolímeros de configuración radial del tipo $R-(BA)_x$ ($x=3-150$); en donde A es un bloque de un monómero aromático de polivinilo y B es un bloque de un elastómero de dieno conjugado. Muchos de estos polímeros se producen comercialmente por Kraton Polymers de Houston, Texas, EE. UU. y se describen en el boletín "Kraton

Thermoplastic Rubber", SC-68-81. También son útiles las dispersiones de resina del copolímero en bloque estireno-isopreno-estireno (SIS) vendidos con el nombre comercial PRINLIN® y disponibles comercialmente de Henkel Technologies, con sede en Düsseldorf, Alemania. Los polímeros de ligantes poliméricos de bajo módulo particularmente preferidos comprenden copolímeros en bloque estirénicos vendidos con el nombre comercial KRATON® y producidos comercialmente por Kraton Polymers. Un material ligante polimérico particularmente preferido comprende un copolímero en bloque de poliestireno-poliisopreno-poliestireno vendido con el nombre comercial KRATON®.

Mientras que los materiales ligantes poliméricos de bajo módulo se prefieren para la formación de materiales de armadura flexibles, los materiales ligantes poliméricos de alto módulo se prefieren para la formación de artículos de armadura rígidos. Los materiales rígidos de alto módulo preferidos tienen generalmente un módulo de tracción inicial superior a 6.000 psi. Los materiales poliméricos rígidos de alto módulo preferidos útiles en este documento incluyen poliuretanos (tanto basados en éter como en éster), epoxis, poliacrilatos, polímeros de (resina) fenólica/butiral de polivinilo (PVB), polímeros de éster de vinilo, copolímeros en bloque de estireno-butadieno, al igual que mezclas de polímeros tales como éster de vinilo y ftalato de dialilo o fenol formaldehído y butiral de polivinilo. Un material ligante polimérico rígido particularmente preferido es un polímero termoendurecible, preferiblemente soluble en disolventes saturados carbono-carbono tales como metiletilcetona, y que posee un alto módulo de tracción cuando se cura al menos aproximadamente 1×10^6 psi (6895 MPa) medido por medio de la norma ASTM D638. Los materiales ligantes poliméricos particularmente preferidos son aquellos descritos en la patente estadounidense n.º. 6.642.159. El ligante polimérico, tanto un material de bajo módulo como un material de alto módulo, puede incluir también cargas tales como negro de carbón o sílice, se puede extender con aceites, o se puede vulcanizar por medio de sistemas de curado con sulfuro, peróxido, óxido metálico o radiación tal como se conocen en la técnica.

Las más preferidas específicamente son las resinas polares o polímeros polares, particularmente poliuretanos en el intervalo de tanto materiales blandos como rígidos en un módulo de tracción que oscila de aproximadamente 2.000 psi (13,79 MPa) a aproximadamente 8.000 psi (55,16 MPa). Los poliuretanos preferidos se aplican como dispersiones de poliuretano acuosas que están de manera más preferida libres de codisolvente. Estas incluyen dispersiones de poliuretano aniónicas acuosas, dispersiones de poliuretano catiónicas acuosas y dispersiones de poliuretano no iónicas acuosas. Particularmente preferidas son las dispersiones de poliuretano aniónicas acuosas, y de manera más preferida son dispersiones de poliuretano alifáticas aniónicas acuosas. Tales incluyen dispersiones de poliuretano aniónicas acuosas basadas en poliéster; dispersiones de poliuretano alifáticas acuosas basadas en poliéster; y dispersiones de poliuretano alifáticas aniónicas acuosas basadas en poliéster, de las cuales todas son preferiblemente dispersiones libres de codisolvente. Tales incluyen también dispersiones de poliuretano aniónicas acuosas basadas en poliéter; dispersiones de poliuretano alifáticas acuosas basadas en poliéter; y dispersiones de poliuretano alifáticas aniónicas acuosas basadas en poliéter, de las cuales todas son preferiblemente dispersiones libres de codisolvente. Similarmente preferidas son todas las variaciones correspondientes (basadas en poliéster; alifáticas basadas en poliéster; basadas en poliéter; alifáticas basadas en poliéter, etc.) de dispersiones catiónicas acuosas y no iónicas acuosas. De manera más preferida es una dispersión alifática de poliuretano que tiene un módulo a un 100% de alargamiento de aproximadamente 700 psi o más, con un intervalo particularmente preferido de 700 psi a aproximadamente 3000 psi. De manera más preferida son dispersiones alifáticas de poliuretano que tienen un módulo a un 100% de alargamiento de aproximadamente 1000 psi o más, y todavía más preferiblemente aproximadamente 1100 psi o más. De manera más preferida es una dispersión alifática aniónica de poliuretano basada en poliéter que tiene un módulo de 1000 psi o más, preferiblemente 1100 psi o más.

Los métodos para aplicar un material ligante polimérico a fibras/cintas para impregnar por medio de estas capas de fibra con el ligante son conocidos y se determinan fácilmente por un experto en la técnica. El término "impregnado" se considera en este documento como sinónimo de "incrustado", "recubierto", o de otra manera aplicado con un revestimiento polimérico donde el material ligante se difunde dentro de la lámina y no simplemente sobre una superficie de la lámina. Cualquier método de aplicación adecuado se puede utilizar para aplicar el material ligante polimérico y el uso particular de un término tal como "recubierto" no se pretende que limite el método por el cual se aplica sobre los filamentos/fibras/cintas. Los métodos útiles incluyen, por ejemplo, pulverizar, extrudir o recubrir con rodillos polímeros o disoluciones poliméricas sobre las fibras/cintas, al igual que transportar las fibras/cintas a través de un polímero fundido o disolución polimérica. Los métodos más preferidos son aquellos que recubren o encapsulan sustancialmente cada una de las fibras/cintas individuales y que recubren toda o sustancialmente toda el área superficial de la fibra/cinta con el material ligante polimérico.

Después de que se recubren las fibras/cintas con un material ligante opcional, las fibras/cintas recubiertas se forman en láminas de fibra no entretejida o láminas de cinta no entretejida que comprenden una pluralidad de capas de fibra o cinta no entretejida solapadas que se consolidan en un elemento monolítico de lámina única. En una estructura de tejido no entretejido preferida, una pluralidad de unicintas solapadas apiladas se forma en donde las fibras/cintas paralelas de cada capa única (unicinta) se posicionan ortogonalmente a las fibras/cintas paralelas de cada capa única adyacente en relación a la dirección longitudinal de la fibra/cinta de cada capa única. El apilado de capas de fibra/cinta no entretejida solapadas se consolida con calor y presión, o al adherir los revestimientos de capas de fibra/cinta individuales, para formar un elemento monolítico de lámina única al que también se ha referido en la técnica como red consolidada de lámina única donde una "red consolidada" describe una combinación consolidada (fundida) de capas de fibra/cinta con la matriz/ligante poliméricos. En este documento, los materiales fibrosos

pueden comprender también una combinación híbrida consolidada de tejidos entretejidos y tejidos no entretejidos, al igual que combinaciones de tejidos no entretejidos formados a partir de capas de fibra/cinta unidireccionales y tejidos de fieltro no entretejidos.

5 De manera más típica, las láminas o tejidos de fibra/cinta no entretejidos incluyen de 1 a aproximadamente 6 capas, pero pueden incluir tantas como aproximadamente 10 a aproximadamente 20 capas tal como se puede desear para varias aplicaciones. Cuanto mayor sea el número de capas se traduce en mayor resistencia balística, pero también mayor peso. Tal como se conoce convencionalmente en la técnica, una resistencia balística excelente se logra cuando capas de fibra/cinta individuales se pliegan transversalmente de tal manera que la dirección de alineación de la fibra/cinta se rota en un ángulo con respecto a la dirección de alineación de la fibra/cinta de otra capa. De manera
10 más preferida, las capas de fibra/cinta se pliegan transversalmente ortogonalmente en ángulos de 0° y 90°, pero las capas adyacentes se pueden alinear en cualquier ángulo virtualmente entre aproximadamente 0° y aproximadamente 90° con respecto a la dirección longitudinal de la fibra/cinta de otra capa. Por ejemplo, una estructura no entretejida de tres capas puede tener las capas orientadas a $\pm 45^\circ$ para formar una estructura de $+45^\circ/0^\circ/-45^\circ$, o una estructura no entretejida de cinco capas puede tener las capas orientadas a $0^\circ/45^\circ/90^\circ/45^\circ/0^\circ$ en relación a los ejes longitudinales respectivos de la fibra/cinta de cada capa. Las alineaciones unidireccionales rotadas de este tipo se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses n.º. 4.457.985; 4.748.064; 4.916.000; 4.403.012; 4.623.574 y 4.737.402. Otros ángulos también son adecuados, tales como rotar las capas adyacentes en incrementos de 15° o incrementos de 30° en relación a las fibras adyacentes.

Los métodos para consolidar las capas/láminas de fibra/cinta para formar materiales compuestos complejos conocidos, tales como por medio de los métodos descritos en la patente estadounidense n.º. 6.642.159. La consolidación puede ocurrir por medio de secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de estos. El calor y/o presión pueden ser no necesarios, ya que las capas/láminas simplemente pueden pegarse juntas, como es el caso en el proceso de laminación en húmedo. Típicamente, la consolidación se hace al posicionar las capas individuales las unas sobre las otras en condiciones de calor y presión suficientes para provocar que las capas se combinen en un tejido unitario. La consolidación se puede hacer a temperaturas que oscilan de aproximadamente 50°C a aproximadamente 175°C, preferiblemente de aproximadamente 105°C a aproximadamente 175°C. y a presiones que oscilan de aproximadamente 5 psig (0,034 MPa) a aproximadamente 2500 psig (17 MPa), durante de aproximadamente 0,01 segundos a aproximadamente 24 horas, preferiblemente de aproximadamente 0,02 segundos a aproximadamente 2 horas. Cuando se calienta, es posible que se provoque que el revestimiento ligante polimérico se pegue o fluya sin fundirse por completo. Sin embargo, en términos generales, si se provoca que el material ligante polimérico se funda, se requiere relativamente poca presión para formar el material compuesto, mientras que si el material solo se calienta a un punto de pegado, se requiere típicamente más presión. Tal como se conoce convencionalmente en la técnica, la consolidación se puede llevar a cabo en un conjunto de calandria, un laminador de lecho plano, una prensa o en una autoclave. La consolidación se puede llevar a cabo también por
35 medio de moldeo al vacío del material en un molde que se coloca al vacío. La tecnología de moldeo al vacío es conocida en la técnica. De manera más común, una pluralidad de bandas de fibra ortogonal se "pegan" juntas con el polímero ligante y se pasan por un laminador de lecho plano para mejorar la uniformidad y resistencia de la unión. Además, las etapas de consolidación y aplicación/unión del polímero pueden comprender dos etapas separadas o una única etapa de consolidación/laminación.

40 Alternativamente, la consolidación se puede lograr al moldear con calor y presión en un aparato de moldeo adecuado. Generalmente, el moldeo se lleva a cabo a una presión de aproximadamente 50 psi (344,7 kPa) a aproximadamente 5.000 psi (34.470 kPa), más preferiblemente aproximadamente 100 psi (689,5 kPa) a aproximadamente 3.000 psi (20.680 kPa), de manera más preferida de aproximadamente 150 psi (1.034 kPa) a aproximadamente 1.500 psi (10.340 kPa). Alternativamente, el moldeo se puede llevar a cabo a presiones mayores de aproximadamente 5.000 psi (34.470 kPa) a aproximadamente 15.000 psi (103.410 kPa), más preferiblemente aproximadamente de 750 psi (5.171 kPa) a aproximadamente 5.000 psi, de manera más preferida de aproximadamente 1.000 psi a aproximadamente 5.000 psi. La etapa de moldeo puede llevar de aproximadamente 4 segundos a aproximadamente 45 minutos. Las temperaturas de moldeo preferidas oscilan de aproximadamente 200°F (~93°C) a aproximadamente 350°F (~177°C), más preferiblemente a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 300°F y de manera más preferida a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 280°F. La presión a la que las láminas de fibra se moldean tiene un efecto directo en la rigidez o flexibilidad del producto moldeado resultante. Particularmente, cuanto mayor es la presión a la que se moldean, mayor es la rigidez, y viceversa. Además de la presión de moldeo, la cantidad, espesor y composición de las capas de fibra y del tipo de revestimiento de ligante polimérico, también afecta directamente la rigidez del material compuesto.
55

Mientras que cada una de las técnicas de moldeo y consolidación descritas en este documento son similares, cada proceso es diferente. Particularmente, el moldeo es un proceso discontinuo y la consolidación es un proceso continuo. Además, el moldeo implica típicamente el uso de un molde, tal como un molde de forma o un troquel coincidente cuando se forma un panel plano, y no da como resultado necesariamente un producto plano.
60 Normalmente, la consolidación se hace en un laminador de lecho plano, un conjunto de retención de la calandria o como una laminación en húmedo para producir tejidos de armadura corporal blanda (flexible). El moldeo se reserva típicamente para la fabricación de una armadura dura, por ejemplo, placas rígidas. En cualquier proceso, las

temperaturas, presiones y tiempos adecuados dependen generalmente del tipo de materiales de revestimiento de ligante polimérico, contenido de ligante polimérico, proceso utilizado y tipo de fibra/cinta.

En las realizaciones preferidas, el peso total del ligante/matriz que comprende un material compuesto fibroso de la invención preferiblemente comprende de aproximadamente un 2% a aproximadamente un 50% en peso, más preferiblemente de aproximadamente un 5% a aproximadamente un 30% en peso, más preferiblemente de aproximadamente un 7% en peso aproximadamente un 20% en peso, y de manera más preferida de aproximadamente un 11% a aproximadamente un 16% en peso de las fibras/cintas más el peso del revestimiento. Un contenido bajo de ligante/matriz es apropiado para tejidos entretejidos, en donde un contenido de ligante polimérico es superior a cero pero inferior a un 10% en peso de las fibras/cintas más el peso del revestimiento es típicamente lo más preferido, pero no se pretende que esto sea limitante. Por ejemplo, tejidos entretejidos impregnados con fenólico/PVB se fabrican a veces con un contenido mayor de resina de aproximadamente un 20% a aproximadamente un 30%, aunque se prefiere típicamente alrededor de un 12% de contenido.

Los materiales de la invención pueden comprender también opcionalmente una o más láminas poliméricas termoplásticas fijadas a una o ambas de sus superficies externas. Los polímeros adecuados para la lámina polimérica termoplástica incluyen no exclusivamente poliolefinas, poliamidas, poliésteres (particularmente tereftalato de polietileno (PET) y copolímeros de PET), poliuretanos, polímeros de vinilo, copolímeros de alcohol vinílico de etileno, copolímeros de octano etileno, copolímeros de acrilonitrilo, polímeros acrílicos, polímeros de vinilo, policarbonatos, poliestirenos, fluoropolímeros y similares, al igual que copolímeros y mezclas de estos, incluidos el etilvinilacetato (EVA) y el ácido acrílico de etileno. También son útiles los polímeros de goma natural y sintética. De estos, se prefieren las láminas de poliolefina y poliamida. La poliolefina preferida es un polietileno. Ejemplos no limitativos de polietilenos útiles son polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de baja densidad lineal (PEBDL), polietileno de media densidad (PEMD), polietileno de media densidad lineal (PEMDL), polietileno de muy baja densidad lineal (PEMBDL), polietileno de ultra baja densidad lineal (PEUBDL), polietileno de alta densidad (PEAD) y copolímeros y mezclas de estos. También son útiles las bandas de poliamida SPUNFAB® disponibles comercialmente de Spunfab, Ltd, de Cuyahoga Falls, Ohio, EE. UU (nombre comercial registrado por Keuchel Associates, Inc.), al igual que las bandas, redes y películas THERMOPLAST® y HELIOPLAST®, disponibles comercialmente de Protechnic S.A. de Cernay, Francia. Una lámina polimérica termoplástica de este tipo se puede unir a las superficies del material utilizando técnicas conocidas, tales como laminación térmica. Típicamente, la laminación se hace al posicionar las capas individuales las unas sobre las otras en condiciones de calor y presión suficientes para provocar que las capas se combinen en una estructura unitaria. La laminación se puede hacer a temperaturas que oscilan de aproximadamente 95°C a aproximadamente 175°C, preferiblemente de aproximadamente 105°C a aproximadamente 175°C y a presiones que oscilan de aproximadamente 5 psig (0,034 MPa) a aproximadamente 100 psig (0,69 MPa), durante de aproximadamente 5 segundos a aproximadamente 36 horas, preferiblemente de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 24 horas. Las láminas poliméricas termoplásticas de este tipo se pueden unir alternativamente a las superficies del material con cola al calor o fibras de fusión en caliente como podría entender un experto en la técnica.

El espesor de los materiales compuestos se corresponderá con el espesor de las fibras/cintas individuales y el número de capas incorporadas en el material. Por ejemplo, un tejido entretejido preferido tendrá un espesor preferido de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 600 µm por capa/lámina, más preferiblemente de aproximadamente 50 µm a aproximadamente 385 µm y de manera más preferida de aproximadamente 75 µm a aproximadamente 255 µm por capa/lámina. Un tejido entretejido de dos capas preferido tendrá un espesor preferido de aproximadamente 12 µm a aproximadamente 600 µm, más preferiblemente de aproximadamente 50 µm a aproximadamente 385 µm y de manera más preferida de aproximadamente 75 µm a aproximadamente 255 µm. Cualquier lámina polimérica termoplástica es preferiblemente muy fina, con un espesor de lámina preferido de aproximadamente 1 µm a aproximadamente 250 µm, más preferiblemente de aproximadamente 5 µm a aproximadamente 25 µm y de manera más preferida de aproximadamente 5 µm a aproximadamente 9 µm. Las bandas discontinuas tales como bandas no entretejidas preferiblemente se aplican con un peso base de gramos por metro cuadrado (psm). Mientras que se prefiere un espesor de este tipo, se entiende que otros espesores se pueden producir para satisfacer una necesidad particular y todavía se encontrarían dentro del alcance de la invención.

Un material fibroso de la invención formado a partir de una pluralidad de capas de fibra/cinta híbridas tendrá una densidad de área del material compuesto preferida de aproximadamente 0,2 psf a aproximadamente 8,0 psf, más preferiblemente de aproximadamente 0,3 psf a aproximadamente 6,0 psf, todavía más preferiblemente de aproximadamente 0,5 psf a aproximadamente 5,0 psf, todavía más preferiblemente de aproximadamente 0,5 psf a aproximadamente 3,5 psf, todavía más preferiblemente de aproximadamente 1,0 psf a aproximadamente 3,0 psf, y de manera más preferida de aproximadamente 1,5 psf a aproximadamente 2,5 psf.

Los materiales fibrosos de la invención se pueden utilizar en varias aplicaciones para formar una variedad de diferentes artículos con resistencia balística utilizando técnicas conocidas. Por ejemplo, las técnicas adecuadas para formar artículos con resistencia balística se describen en, por ejemplo, las patentes estadounidenses nº. 4.623.574; 4.650.710; 4.748.064; 5.552.208; 5.587.230; 6.642.159; 6.841.492 y 6.846.758. Los materiales fibrosos son particularmente útiles para la formación de artículos de armadura blanda y flexible, incluidas la prendas tales como chalecos, pantalones, sombreros y otros artículos de ropa, y fundas o mantas, utilizadas por personal militar para

protegerse frente a un número de amenazas balísticas, tales como una bala encamisada de 9 mm (FMJ) y una variedad de fragmentos generados debido a la explosión de granadas de mano, casquillos de artillería, artefactos explosivos improvisados (AEI) y otros dispositivos de este tipo encontrados en misiones militares y de mantenimiento de la paz.

- 5 Tal como se utiliza en este documento, una armadura "blanda" o "flexible" es una armadura que no conserva su forma cuando se somete a una cantidad significativa de tensión. Las estructuras son útiles también para la formación de artículos de armaduras duras y rígidas. Por armadura "dura" se refiere a un artículo, tal como cascos, paneles para vehículos militares, o escudos protectores, que tiene una resistencia mecánica suficiente de modo que conserva su rigidez estructural cuando se somete a una cantidad significativa de tensión y es capaz de mantenerse sin derrumbarse. Las estructuras se pueden cortar en una pluralidad de hojas discretas y se pueden apilar para formar un artículo o se pueden formar en un precursor que se utiliza subsecuentemente para formar un artículo. Las técnicas de este tipo son conocidas en la técnica.

- 15 Las prendas de la invención se pueden formar a través de métodos conocidos convencionalmente en la técnica. Preferiblemente, una prenda se puede formar al adosar los artículos con resistencia balística de la invención con un artículo de ropa. Por ejemplo, un chaleco puede comprender un chaleco de tejido genérico que se adosa con las estructuras con resistencia balística de la invención, por donde las estructuras de la invención se insertan en unos bolsillos colocados estratégicamente. Esto permite maximizar la protección balística, mientras se minimiza el peso del chaleco. Tal como se utiliza en este documento, los términos "adosar" o "adosados" se pretende que incluyan fijar, tal como por medio de cosido o adhesión y de manera que los artículos con resistencia balística se puedan retirar fácilmente de manera opcional del chaleco u otro artículo de ropa. Los artículos utilizados para formar estructuras flexibles como hojas, chalecos y otras prendas flexibles preferiblemente se forman al utilizar un material ligante de bajo módulo de tracción. Los artículos duros como cascos y armaduras preferiblemente se forman, pero no exclusivamente, al utilizar un material ligante de alto módulo de tracción.

- 25 Las propiedades de resistencia balística se determinan utilizando procedimientos de análisis convencionales que se conocen en la técnica. Particularmente, el poder protector o resistencia a la penetración de un material compuesto con resistencia balística se expresa normalmente al citar la velocidad de impacto a la cual un 50% de los proyectiles penetran en el material compuesto mientras que un 50% es parado por el material compuesto, también conocido como el valor V_{50} . Tal como se utiliza en este documento, la "resistencia a la penetración" de un artículo es la resistencia a la penetración por una amenaza designada, tal como un objeto físico incluidos balas, fragmentos, metralla y similares. Para materiales compuestos de igual densidad de área, que es el peso del material compuesto dividido por su área, cuanto mayor el V_{50} mejor es la resistencia balística del material compuesto. La resistencia a penetración para amenazas designadas se puede expresar también por la absorción de energía específica total ("SEAT") del material con resistencia balística. El SEAT total es la energía cinética de la amenaza dividida por la densidad de área del material compuesto. Cuando mayor es el valor SEAT, mejor es la resistencia del material compuesto a la amenaza. Las propiedades de resistencia balística de los artículos de la invención variarán dependiendo de muchos factores, particularmente del tipo de fibras utilizado para fabricar los materiales fibrosos, el porcentaje en peso de las fibras en los materiales fibrosos, la idoneidad de las propiedades físicas de los materiales de revestimiento, el número de láminas de tejido que componen los materiales fibrosos y la densidad de área total de los materiales fibrosos.

- 40 Los siguientes ejemplos no limitativos sirven para ilustrar la invención:

Ejemplo de referencia 1

- 45 Para preparar una capa de fibra híbrida, un haz de fibras SPECTRA® 1000 de 650 denier se mezcla con una fibra arámdica de 500 denier utilizando un chorro de aire de alta presión. Esto da como resultado una fibra híbrida de 1100 denier. Varias bobinas de fibra híbrida de 1 lb (~453,6 g) se fabrican a partir de esta fibra híbrida. Estas bobinas se utilizan entonces para convertir las fibras en una pluralidad de unicintas que tienen una densidad de área de fibra de 53 g/m^2 (gsm). Una resina acuosa basada en poliuretano (tal como la resina Bayer DISPERCOLL® U53) se aplica a las unicintas para sumergir las fibras en un baño de resina. Cada unicinta se pasa entonces a través de un horno calentado para eliminar cualquier sustancia volátil. Después de completar el secado, la unicinta tiene un contenido de resina de $16 \pm 2\%$. Las unicintas se pliegan transversalmente entonces para lograr un rollo de dos capas continuas de material $0^\circ/90^\circ$.

Ejemplo 2 (comparativo)

- 55 El proceso del Ejemplo 1 se repite excepto que las capas de fibra se fabrican a partir de un 100% de fibras SPECTRA® 1000 de 650 denier. Las fibras se recubren con la misma resina y contienen el mismo contenido de resina. Las unicintas se pliegan transversalmente para lograr un rollo de dos capas continuas de material $0^\circ/90^\circ$.

Ejemplo 3 (comparativo)

El proceso del Ejemplo 1 se repite excepto que las capas de fibra se fabrican a partir de un 100% de fibras arámidas de 1000 denier. Las fibras se recubren con la misma resina y contienen el mismo contenido de resina. Las uncintas se pliegan transversalmente para lograr un rollo de dos capas continuas de material 0°/90°.

- 5 Cada uno de los materiales de los Ejemplos 1-3 se forma en paquetes de disparo de 40 cm x 40 cm. Los paquetes de disparo se cosen en las esquinas para mantener las láminas juntas. La prueba se lleva a cabo en un bloque de arcilla Roma Plastilina nº. 1 calibrado de 127 cm de espesor por el estándar NIJ 0101.06. La prueba se lleva a cabo para lograr un valor V_{50} en ± 15 mps basado en un promedio de al menos ocho balas disparadas en cada paquete de disparo, donde 4 balas penetran completamente el paquete de disparo y 4 balas penetran parcialmente el paquete de disparo. Se espera que los datos muestren que, al utilizar capas de fibra híbridas, la resistencia balística aumenta y la deformación de la cara posterior se reduce.

Ejemplo 4 (referencia)

Ejemplo 5 (comparativo) y Ejemplo 6 (comparativo)

- 15 Una pluralidad de capas de fibra 30 cm x 30 cm a partir de cada uno de los Ejemplos 1-3 se cortan y apilan, manteniendo una configuración plegada transversalmente de 0°/90°. Cada pila se moldea entonces en un molde precalentado a 120°C en una prensa hidráulica de 200 ton. La pila de cada material se precalienta en el molde sin presión de moldeo durante 20 minutos. Después de 20 minutos, se aplica una presión de sujeción total. Después de 15 minutos, se inicia un ciclo de enfriamiento. Durante el ciclo de enfriamiento, no se libera la presión de moldeo. Este proceso convierte la pila en un panel consolidado. Una vez que el panel alcanza 50°C, el molde se abre y el panel se libera para probarlo.

- 20 48 horas después del moldeo, cada panel se monta en un marco sin ninguna arcilla en la parte posterior del panel. Varios FSP (proyectiles simuladores de fragmentos) de 17 granos se disparan en cada panel para lograr un V_{50} en ± 15 m/s. Se espera que los datos muestren que los paneles formados a partir de las capas de fibra híbridas tengan una resistencia a la penetración balística mejor que los otros paneles no híbridos.

- 25 Mientras que la presente invención se ha mostrado particularmente y descrito con referencia a las realizaciones preferidas, se apreciará rápidamente por personas con experiencia ordinaria en la técnica que se pueden hacer varios cambios y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un material con resistencia balística que comprende al menos una capa híbrida, cuya capa híbrida comprende una pluralidad de fibras o una pluralidad de cintas, o ambas, cuya pluralidad de fibras comprende al menos dos tipos de fibra físicamente diferentes y dicha pluralidad de cintas comprende al menos dos tipos de cinta físicamente diferentes, cuyos tipos de fibra o cinta físicamente diferentes tienen al menos una propiedad física distinta, en donde dichas fibras tienen una tenacidad de al menos 25 g/denier y dichas cintas tienen una tenacidad de al menos 20 g/denier y dichas fibras y cintas tienen un módulo de tracción de aproximadamente 300 g/denier o más, y en donde dichos al menos dos tipos de fibras o cintas físicamente diferentes se forman a partir del mismo polímero.
- 10 2. El material de la reivindicación 1, en donde dichas fibras tienen una tenacidad de al menos 30 g/denier.
3. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende una pluralidad de fibras de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos 25 g/denier y una pluralidad de fibras de baja tenacidad que tienen una tenacidad inferior a 10 g/denier.
- 15 4. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende una pluralidad de fibras que tienen un primer denier por filamento y una pluralidad de fibras que tienen un segundo denier por filamento, en donde dicho primer denier por filamento es mayor que dicho segundo denier por filamento.
5. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende una pluralidad de fibras de polietileno físicamente distintas.
- 20 6. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende una pluralidad de fibras arámidas físicamente distintas.
7. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende tipos de fibra físicamente diferentes que ni se han torcido ni enredado.
- 25 8. El material de la reivindicación 1, que es un material no entretejido que comprende una pluralidad de fibras orientadas unidireccionalmente y sustancialmente paralelas o una pluralidad de cintas orientadas unidireccionalmente y sustancialmente paralelas, en donde las fibras paralelas adyacentes o las cintas paralelas adyacentes en cada capa híbrida son diferentes tipos de fibra o diferentes tipos de cinta.
9. El material de la reivindicación 1, en donde la al menos una capa híbrida comprende una pluralidad de fibras o cintas de polietileno físicamente diferentes.
- 30 10. El material de la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de capas de fibra híbridas y/o capas de cinta híbridas que se pueden consolidar para formar láminas de fibra multicapa y/o láminas multicinta.
11. El material de la reivindicación 1, en donde dicha capa híbrida comprende tanto una pluralidad de fibras como una pluralidad de cintas.
12. El material de la reivindicación 11, en donde dicha capa híbrida comprende una pluralidad de fibras de polietileno y una pluralidad de cintas de polietileno.